

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-159506

(P2001-159506A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-コード (参考)

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H 2 F 0 6 5

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

5 B 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-344392

(22) 出願日 平成11年12月3日 (1999.12.3)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 吳 偉国

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 後 輝行

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100082131

弁理士 稲本 義雄

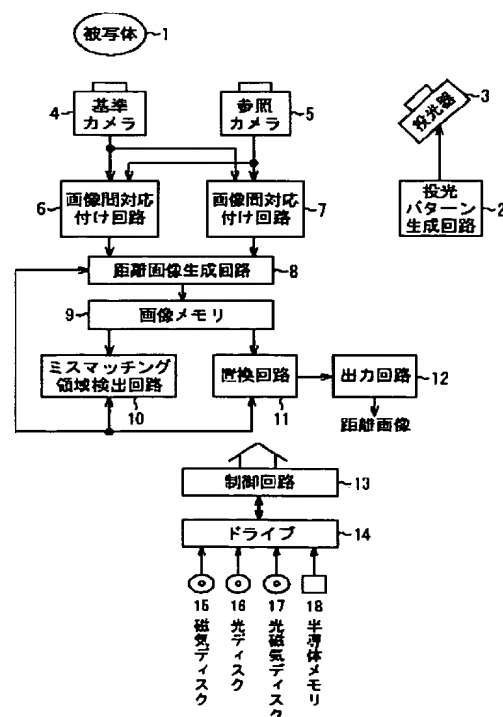
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元形状計測装置および方法、並びに記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 ミスマッチング領域が無い距離画像を生成する。

【解決手段】 投光器3は、非周期的な投光パターンを被写体1に照射する。基準カメラ4は、基準画像を撮影する。参照カメラ5は、参照画像を撮影する。画像間対応付け回路6、7は、基準画像と参照画像との視差を求める。距離画像生成回路8は、視差を用いて距離画像を生成する。置換回路11は、投光パターンが照射された状態の距離画像のミスマッチング領域を、投光パターンが照射されていない状態の距離画像の対応する部分で置換する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体を異なる視点から撮影した画像を用いて、前記被写体の3次元形状を計測する3次元形状計測装置において、
乱数を用いて非周期的な投光パターンを生成する投光パターン生成手段と、
前記被写体に前記投光パターンを照射する照射手段と、
前記被写体を撮影して、基準画像を生成する第1の撮影手段と、
前記第1の撮影手段の位置とは異なる位置から前記被写体を撮影して、参照画像を生成する第2の撮影手段と、
前記照射手段の照射タイミング、並びに前記第1および第2の撮影手段の撮影タイミングを制御するタイミング制御手段と、
前記基準画像上の画素と、前記参照画像上の画素との対応を識別して、対応する画素間の視差を算出する識別手段と、
前記視差に基づいて距離画像を生成する距離画像生成手段とを含むことを特徴とする3次元形状計測装置。

【請求項2】 前記照射手段が前記投光パターンを照射した状態に対応する前記距離画像と、前記照射手段が前記投光パターンを照射していない状態に対応する前記距離画像とを合成する合成手段をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の3次元形状計測装置。

【請求項3】 前記照射手段が前記投光パターンを照射した状態に対応する前記距離画像と、前記照射手段が前記投光パターンを照射していない状態に対応する前記距離画像のうちのいずれか一方の距離画像の中で、画素値の信頼性が低い領域を検出する検出手段をさらに含み、
前記合成手段は、前記検出手段が検出した前記領域の画素値を、他方の前記距離画像の対応する領域の画素値を用いて置換することによって、前記照射手段が前記投光パターンを照射した状態に対応する前記距離画像と、前記照射手段が前記投光パターンを照射していない状態に対応する前記距離画像とを合成することを特徴とする請求項2に記載の3次元形状計測装置。

【請求項4】 前記検出手段は、前記距離画像の画素値の連続性に基づいて、前記画素値の信頼性が低い領域を検出することを特徴とする請求項1に記載の3次元形状計測装置。

【請求項5】 前記タイミング制御手段は、前記照射手段が前記投光パターンを照射した状態に対応する前記基準画像および前記参照画像と、前記照射手段が前記投光パターンの照射を止めた状態に対応する前記基準画像および前記参照画像が、それぞれ連続したフレーム画像となるように、前記照射タイミングおよび前記撮影タイミングを制御することを特徴とする請求項1に記載の3次元形状計測装置。

【請求項6】 被写体を異なる視点から撮影した画像を用いて、前記被写体の3次元形状を計測する3次元形状

計測装置の3次元形状計測方法において、
乱数を用いて非周期的な投光パターンを生成する投光パターン生成ステップと、
前記被写体に前記投光パターンを照射する照射ステップと、
前記被写体を撮影して、基準画像を生成する第1の撮影ステップと、
前記第1の撮影ステップの処理で撮影した位置とは異なる位置から前記被写体を撮影して、参照画像を生成する第2の撮影ステップと、
前記照射ステップの処理の照射タイミング、並びに前記第1および第2の撮影ステップの処理の撮影タイミングを制御するタイミング制御ステップと、
前記基準画像上の画素と、前記参照画像上の画素との対応を識別して、対応する画素間の視差を算出する識別ステップと、
前記視差に基づいて距離画像を生成する距離画像生成ステップとを含むことを特徴とする3次元形状計測方法。

【請求項7】 乱数を用いて非周期的な投光パターンを生成する投光パターン生成手段と、
前記被写体に前記投光パターンを照射する照射手段と、
前記被写体を撮影して、基準画像を生成する第1の撮影手段と、
前記第1の撮影手段の位置とは異なる位置から前記被写体を撮影して、参照画像を生成する第2の撮影手段とを備え、
被写体を異なる視点から撮影した画像を用いて、前記被写体の3次元形状を計測する3次元形状計測装置を制御するプログラムであって、
前記照射手段の照射タイミング、並びに前記第1および第2の撮影手段の撮影タイミングを制御するタイミング制御ステップと、
前記基準画像上の画素と、前記参照画像上の画素との対応を識別して、対応する画素間の視差を算出する識別ステップと、
前記視差に基づいて距離画像を生成する距離画像生成ステップとを含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3次元形状計測装置および方法、並びに記録媒体に関し、特に、被写体を複数の異なる位置から撮影した画像を用いて被写体表面の3次元形状を計測する場合に用いて好適な3次元形状計測装置および方法、並びに記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に「ステレオ視」または「ステレオ3次元画像計測」等と呼ばれている距離測定方法は、異なる位置に設けられた少なくとも2台以上のカメラ（基準カメラと、その他の参照カメラ）で被写体を撮影し

て、得られた複数の画像（基準カメラによる基準画像と、参照カメラによる参照画像）の間で対応する画素を特定し（一般に、「対応点付け」と呼ばれる）、対応付けられた基準画像上の画素と、参照画像上の画素との位置の差（視差）に三角測量の原理を適用することにより、基準カメラ（または、参照カメラ）から当該画素に対応する被写体上の点までの距離を計測するものである。従って、被写体の表面全体に対応する全ての画素までの距離を測定すれば、被写体の形状や奥行きを測定することが可能となる。

【0003】なお、「ステレオ3次元画像計測」において最も重要な「対応点付け」は、基準画像上のある点 P_a に写像される実空間上の点は複数（図1に示す実空間上の点 P_1 、 P_2 、 P_3 等）存在するので、実空間上の点 P_1 、 P_2 、 P_3 等の写像である直線（エピポーララインと呼ばれている）上に、点 P_a に対応する参照画像上の点 $P_{a'}$ が存在することに基づいて行われる。

【0004】ところで、「対応点付け」の具体的な方法としては、例えば、「C.Lawrence Zitnick and Jon A.Webb: Multi-baseline Stereo Using Surface Extraction, Technical Report, CMU-CS-96-196, (1996)」に記述されているピクセルベース (Pixel-based) マッチング法、例えば、「奥富、金出：複数の基線長を利用したステレオマッチング、電子情報通信学会論文誌D-II, Vol.75-D-II, No.8, pp.1317-1327, (1992)」に記述されているエリアベース (Area-based) マッチング法、例えば、「H.H.Baker and T.O.Binford: Depth from edge intensity based stereo, In Proc. IJCAI '81, (1981)」に記述されているフィーチャベース (Feature-based) マッチング法等が提案されている。

【0005】しかしながら、上述したいずれの方法においても、被写体（距離を測定する対象物）が、例えば、単色の壁や人の顔のように、濃淡、形状、色等の局所的な特徴が少ないものである場合、対応点付けが困難となり、ミスマッチ領域が生じてしまう問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そのような問題を解決するために、例えば、「S.B.Kang, J.A.Webb, C.L.Zitnick and T.Kanade: A Multibaseline Stereo System with Active Illumination and Real-time Image Acquisition, Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis., Vol.5, pp88-93, (1995)」に記述された方法では、局所的な特徴を有しない被写体に周期的な模様の光を照射して撮影し、得られた画像の対応点付けを行うことが提案されたが、周期的な模様を被写体に照射する方法は、模様が周期的であるが故に、対応点付けを誤ることがあり、必ずしも効果的ではない課題があった。

【0007】特に、上述したような被写体に光を照射する方法では、照射光が被写体の凸部で正反射した場合、撮影した画像の正反射部分の画素値が飽和してしまい対

応点付けができず、ミスマッチ領域になってしまう課題があった。

【0008】また、上述したような被写体に光を照射する方法では、被写体の反射率が低い部分（例えば、人の頭髮部分等）では照射光が反射されずに、ミスマッチ領域になってしまう課題があった。

【0009】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、照射光を用いて生成した距離画像と照射光を用いずに生成された距離画像を組み合わせることにより、ミスマッチ領域の無い距離画像を生成することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の3次元形状計測装置は、乱数を用いて非周期的な投光パターンを生成する投光パターン生成手段と、被写体に前記投光パターンを照射する照射手段と、被写体を撮影して、基準画像を生成する第1の撮影手段と、第1の撮影手段の位置とは異なる位置から被写体を撮影して、参照画像を生成する第2の撮影手段と、照射手段の照射タイミング、並びに第1および第2の撮影手段の撮影タイミングを制御するタイミング制御手段と、基準画像上の画素と、参照画像上の画素との対応を識別して、対応する画素間の視差を算出する識別手段と、視差に基づいて距離画像を生成する距離画像生成手段とを含むことを特徴とする。

【0011】本発明の3次元形状計測装置は、照射手段が投光パターンを照射した状態に対応する距離画像と、照射手段が投光パターンを照射していない状態に対応する距離画像とを合成する合成手段をさらに含むことができる。

【0012】本発明の3次元形状計測装置は、照射手段が投光パターンを照射した状態に対応する距離画像と、照射手段が投光パターンを照射していない状態に対応する距離画像のうちのいずれか一方の距離画像の中で、画素値の信頼性が低い領域を検出する検出手段をさらに含むことができ、前記合成手段は、検出手段が検出した領域の画素値を、他方の前記距離画像の対応する領域の画素値を用いて置換することによって、照射手段が投光パターンを照射した状態に対応する距離画像と、照射手段が投光パターンを照射していない状態に対応する距離画像とを合成するようにすることができる。

【0013】前記検出手段は、距離画像の画素値の連続性に基づいて、画素値の信頼性が低い領域を検出するようにすることができる。

【0014】前記タイミング制御手段は、照射手段が投光パターンを照射した状態に対応する基準画像および参照画像と、照射手段が投光パターンの照射を止めた状態に対応する基準画像および参照画像が、それぞれ連続したフレーム画像となるように、照射タイミングおよび前記撮影タイミングを制御するようにすることができる。

【0015】本発明の3次元形状計測方法は、乱数を用

いて非周期的な投光パターンを生成する投光パターン生成ステップと、被写体に前記投光パターンを照射する照射ステップと、被写体を撮影して、基準画像を生成する第1の撮影ステップと、第1の撮影ステップの処理で撮影した位置とは異なる位置から被写体を撮影して、参照画像を生成する第2の撮影ステップと、照射ステップの処理の照射タイミング、並びに第1および第2の撮影ステップの処理の撮影タイミングを制御するタイミング制御ステップと、基準画像上の画素と、参照画像上の画素との対応を識別して、対応する画素間の視差を算出する識別ステップと、視差に基づいて距離画像を生成する距離画像生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0016】本発明の記録媒体のプログラムは、照射手段の照射タイミング、並びに第1および第2の撮影手段の撮影タイミングを制御するタイミング制御ステップと、基準画像上の画素と、参照画像上の画素との対応を識別して、対応する画素間の視差を算出する識別ステップと、視差に基づいて距離画像を生成する距離画像生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0017】本発明の3次元形状計測装置、3次元形状計測方法、および記録媒体のプログラムにおいては、乱数を用いて非周期的な投光パターンが生成され、被写体に投光パターンが照射される。また、被写体が撮影されて基準画像が生成され、異なる位置から被写体が撮影されて参照画像が生成される。なお、照射タイミング、撮影タイミングは制御される。また、基準画像上の画素と、参照画像上の画素との対応が識別されて、対応する画素間の視差が算出され、視差に基づいて距離画像が生成される。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明を適用した距離画像生成システムの構成例について、図2を参照して説明する。この距離画像生成システムは、例えば、人の顔のような立体的な被写体1の表面と基準カメラ4との距離を示す距離画像、すなわち、基準カメラ4から見た被写体1の表面形状を示す画像を生成するものである。

【0019】距離画像生成システムの投光パターン生成回路2は、一様乱数や正規乱数を発生して、図3(A)、(B)に示すような、ドットのサイズ、線の長さや太さ、位置、濃度等が非周期的に設定した投光パターンを生成して投光器3に供給する。投光器3は、図4に示すように、光を投光パターンズライド22に照射する光源21、投光パターン生成回路2から供給された投光パターンが描かれたズライド22、および、投光パターンを被写体1に拡大して照射するレンズ23から構成され、制御回路13からの制御に従ったタイミングで、投光パターンを被写体1に照射する。

【0020】基準カメラ4は、CCD(Charge Coupled Device)素子を内蔵しており、制御回路13による制御に従ったタイミングで、被写体1を撮影し、得られた基準画

像を電気信号に変換して画像間対応付け回路6(または画像間対応付け回路7)に出力する。具体的には、基準カメラ4は、投光パターンが照射された状態の被写体1と、照射されない状態の被写体1を連続的に撮影し、投光パターンが照射された状態の被写体1を撮像した基準画像を画像間対応付け回路6に出力し、投光パターンが照射されない状態の被写体1を撮像した基準画像を画像間対応付け回路7に出力する。参照カメラ5は、基準カメラ4に対して所定の距離と角度が設けられており、基準カメラ4と同時に被写体1を撮影し、投光パターンが照射された状態の被写体1を撮像した参照画像を画像間対応付け回路6に出力し、投光パターンが照射されない状態の被写体1を撮像した参照画像を画像間対応付け回路7に出力する。

【0021】画像間対応付け回路6は、基準カメラ4からの投光パターンが照射された状態の被写体1を撮像した基準画像と、参照カメラ5からの投光パターンが照射された状態の被写体1を撮像した参照画像との対応点付けを行い、基準画像の各画素に対する参照画像の画素の視差を距離画像生成回路8に出力する。画像間対応付け回路7は、基準カメラ4からの投光パターンが照射されない状態の被写体1を撮像した基準画像と、参照カメラ5からの投光パターンが照射されない状態の被写体1を撮像した参照画像との対応点付けを行い、基準画像の各画素に対する参照画像の画素の視差を距離画像生成回路8に出力する。

【0022】なお、画像間対応付け回路7を省略し、画像間対応付け回路6により、投光パターンが照射された状態の被写体1を撮像した基準画像と参照画像の組を対応点付けした後、投光パターンが照射されない状態の被写体1を撮像した基準画像と参照画像の組を対応点付けするようにしてもよい。

【0023】距離画像生成回路8は、画像間対応付け回路6から入力される基準画像と参照画像の各画素の視差を基に、距離画像(被写体1の写像の画素値が、被写体1の対応する点と基準カメラ4との距離に対応している画像)D1を生成して画像メモリ9に出力する。距離画像生成回路8はまた、画像間対応付け回路7から入力される基準画像と参照画像の視差を基に、距離画像D2を生成して画像メモリ9に出力する。画像メモリ9は、距離画像生成回路8から入力される2種類の距離画像D1、D2を記憶する。

【0024】ミスマッチング領域検出回路10は、画像メモリ9から距離画像を読み出してラベリング(詳細は後述する)し、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分の上に存在するミスマッチング領域を検出して、その位置情報を距離画像生成回路8、および置換回路11に出力する。置換回路11は、画像メモリ9から2種類の距離画像D1、D2を読み出して、ミスマッチング領域周辺の画素値(距離)の連続性を判定し、判定結果に

対応して、距離画像D1のミスマッチング領域に対応する部分の画素値(距離)を、距離画像D2の画素値(距離)で置換して、出力回路12に供給する。出力回路12は、置換回路11からの距離画像を出力する。

【0025】制御回路13は、ドライブ14を駆動させて、磁気ディスク15、光ディスク16、光磁気ディスク17、または半導体メモリ18に記憶されている制御用プログラムを読み出し、読み出した制御用プログラムに基づいて、距離画像生成システムの各回路を制御する。制御回路13はまた、ユーザから入力されるコマンド等に対応して、距離画像生成システムの全体を制御する。

【0026】次に、距離画像生成システムの動作について、図5のフローチャートを参照して説明する。

【0027】ステップS1において、投光パターン生成回路2は、一様乱数や正規乱数を用いて、例えば図3(A)に示すような非周期的な投光パターン(以下、投光パターンP1と記述する)を生成し、投光器3に供給する。投光器3は、投光パターン生成回路2から供給された投光パターンP1を被写体1に拡大して照射する。

【0028】ステップS2において、基準カメラ4と参照カメラ5は、投光パターンP1が照射された被写体1(例えば、人の頭部)を撮影し、それぞれ、得られた基準画像G11(図8(A))、参照画像G12(図8(B))を画像間対応付け回路6に出力する。ステップS3において、投光パターン生成回路2は、投光パターンP1の照射を止める。基準カメラ4と参照カメラ5は、環境光の下で投光パターンP1が照射されていない状態の被写体1を撮影し、それぞれ、得られた基準画像G21(図9(A))、参照画像G22(図9(B))を画像間対応付け回路7に出力する。

【0029】ここで、制御回路13による、ステップS1乃至ステップS3の処理における投光パターンP1の照射タイミング、および撮影タイミングの制御について、図6および図7を参照して説明する。

【0030】基準カメラ4および参照カメラ5がインタレース方式である場合、図6に示すように、投光パターンP1が照射された状態の奇数フィールド画像および偶数フィールド画像が撮像され、それに連続して、環境光の下で奇数フィールド画像および偶数フィールド画像が撮像される。具体的には、連続する4回のCCD蓄積時間(各1/60秒間)のうちの前半の2回において、時間T1だけ投光パターンP1が照射され、照射時間T1のうちの時間T2だけ、基準カメラ4および参照カメラ5のシャッタが開放される。後半の2回においては、投光パターンP1は照射されず、その間、基準カメラ4および参照カメラ5のシャッタは開放される。

【0031】また、基準カメラ4および参照カメラ5がノンインタレース方式である場合、図7に示すように、投光パターンP1が照射された状態のフレーム画像が撮

像され、それに続いて、環境光の下でフレーム画像が撮像される。具体的には、連続する2回のCCD蓄積時間

(各1/30秒間)のうちの前半の1回において、時間T1だけ投光パターンP1が照射され、照射時間T1のうちの時間T2だけ、基準カメラ4および参照カメラ5のシャッタが開放される。後半の1回においては、投光パターンP1は照射されず、その間、基準カメラ4および参照カメラ5のシャッタは開放される。

【0032】ところで、投光パターンP1が照射された被写体の基準画像G11(図8(A))と参照画像G12(図8(B))においては、被写体である人物の頭部のうち、鼻付近で照射光が正反射し、その部分の画素値が飽和しているものとする。また、頭髮部分は光の反射率が悪く、背景部分には照射光が到達しないので、それらの部分の画素値が極端に小さい値となっているものとする。

【0033】図5に戻る。ステップS4において、画像間対応付け回路6は、基準カメラ4からの基準画像G11と、参照カメラ5からの参照画像G12との対応点付けを行い、基準画像G11の各画素に対する参照画像G12の画素の視差を距離画像生成回路8に出力する。ただし、被写体の鼻付近の視差については、照射光が正反射したこと起因して、また、頭髮部分の視差については照射光の反射が少なかったこと起因して正確な値ではない。その他の顔の部分には、投光パターンP1により、正確な対応点付けがなされる。

【0034】ステップS5において、距離画像生成回路8は、画像間対応付け回路6から入力された基準画像G11と参照画像G12の各画素の視差を基に、距離画像D1を生成して画像メモリ9に記録する。生成された距離画像の被写体の鼻付近、頭髮部分の画素値(距離)については、正確な視差を得られていないのでミスマッチ領域となっている。

【0035】ステップS6において、ミスマッチング領域検出回路10は、画像メモリ9から距離画像D1を読み出してラベリング処理を実行し、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分の上に存在するミスマッチング領域を検出して、その位置情報を距離画像生成回路8、および置換回路11に出力する。

【0036】ここで、ラベリング処理の詳細について、図10のフローチャートを参照して説明する。ステップS21において、ミスマッチング領域検出回路10は、画像メモリ9から距離画像D1を読み出す。ステップS22において、ミスマッチング領域検出回路10は、ラベリング未処理画素数kを0に初期化する。また、ミスマッチング領域検出回路10は、内蔵する座標記憶用バッファx[k]、y[k]を初期化する。ステップS23において、ミスマッチング領域検出回路10は、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分の任意の位置の座標を、注目する画素の座標(i, j)に代入する。

【0037】ステップS24において、ミスマッチング領域検出回路10は、距離画像D1の注目画素の画素値 $g(i, j)$ を抽出する。ステップS25において、ミスマッチング領域検出回路10は、注目画素に隣接する8つの画素のうちの1つの画素値 $g(i+m, j+n)$ ($m, n=-1, 0, 1$)を抽出する。

【0038】ステップS26において、ミスマッチング領域検出回路10は、注目する画素の画素値 $g(i, j)$ が、ラベル値L0である否かを判定し、さらに、注目する画素の画素値 $g(i, j)$ と、隣接する画素の画素値 $g(i+m, j+n)$ の差の絶対値が所定の閾値よりも小さいか否か、すなわち、注目する画素の画素値 $g(i, j)$ に対して、隣接する画素の画素値 $g(i+m, j+n)$ が連続しているか否かを判定する。注目する画素の画素値 $g(i, j)$ がラベル値L0ではなく、且つ、隣接する画素の画素値 $g(i+m, j+n)$ が画素値 $g(i, j)$ に対して連続していると判定された場合、ステップS27に進む。

【0039】ステップS27において、ミスマッチング領域検出回路10は、ラベリング未処理画素数 k を1だけインクリメントし、隣接する画素の x 座標 $i+m$ を座標記憶用バッファ $x[k]$ に記録し、 y 座標 $j+n$ を座標記憶用バッファ $y[k]$ に記録する。

【0040】ステップS28において、ミスマッチング領域検出回路10は、注目する画素に隣接する8つ全ての画素に対してステップS25、S26の処理を施したか否かを判定し、隣接する画素に、ステップS25、S26の処理を施していないものが存在すると判定した場合、ステップS25に戻り、それ以降の処理を繰り返す。その後、ステップS28で、隣接する8つ全ての画素に、ステップS25、S26の処理を施したと判定された場合、ステップS29に進む。

【0041】ステップS29において、ミスマッチング領域検出回路10は、注目画素の画素値 $g(i, j)$ をラベル値L0に置換する。ここで、ラベル値L0は、距離画像D1の被写体1に対応する部分の画素に対して付されるものである。

【0042】ステップS30において、ミスマッチング領域検出回路10は、ラベリング未処理画素数 k が0であるか否かを判定し、ラベリング未処理画素数 k が0ではないと判定した場合、ステップS31に進む。

【0043】ステップS31において、ミスマッチング領域検出回路10は、座標記憶用バッファ $x[k]$ に記録されている値を注目画素の x 座標とし、座標記憶用バッファ $y[k]$ に記録されている値を注目画素の y 座標とする。これにより、先程までの注目画素に隣接し、且つ、画素値が連続する画素が新たな注目画素とされる。その後、ミスマッチング領域検出回路10は、ラベリング未処理画素数 k を1だけインクリメントして、ステップS24に戻り、以降の処理が繰り返される。

【0044】その後、ステップS30において、ラベリング未処理画素数 k が0であると判定された場合、ステップS32に進む。ステップS32において、ミスマッチング領域検出回路10は、距離画像D1の画素で画素値がラベル値L0に置換されていない画素の画素値を、ミスマッチング領域であることを示すラベル値L1に置換する。さらに、ミスマッチング領域検出回路10は、ラベル値L1を付した画素の位置情報を距離画像生成回路8、および置換回路11に出力する。

【0045】このようなラベリング処理により、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分であって、且つ、隣接する画素と画素値が連続している画素は、その画素値がラベル値L0とされ、距離画像D1の中の被写体1に対応しない部分、および、被写体1に対応する部分であって、且つ、隣接する画素と画素値が連続しない画素は、その画素値がラベル値L1とされる。具体的には、距離画像D1の中の顔の画素がラベル値L0とされる。ただし、照射光の正反射が発生したことにより、正確な距離画像の画素値が得られていない顔の中の鼻付近と、照射光が反射しなかったために正確な距離画像の画素値が得られていない頭髮部分の画素はラベル値L1とされる。

【0046】図5に戻る。ステップS7において、ミスマッチング領域検出回路10は、ラベル値L1が付された画素のうちで、ラベル値L0が付された画素に囲まれているものが存在するか否かを判定することにより、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分にミスマッチング領域が存在するか否かを判定し、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分にミスマッチング領域が存在すると判定した場合、ステップS8に進む。

【0047】ステップS8において、画像間対応付け回路7は、基準カメラ4からの基準画像G21と、参照カメラ5からの参照画像G22との対応点付けを行い、基準画像G21の各画素に対する参照画像G22の画素の視差を距離画像生成回路8に出力する。ここで、基準画像G21と参照画像G22は、投光パターンP1は照射されず、環境光下で撮像されたものであるため、対応点付けが不正確である場合もあるが、頭髮部分の対応点付けが行われている。

【0048】ステップS9において、距離画像生成回路8は、画像間対応付け回路7から入力された基準画像G21と参照画像G22の各画素の視差を基に、距離画像D2を生成して画像メモリ9に記憶させる。

【0049】ステップS10において、置換回路11は、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分に存在する全てのミスマッチング領域のうちの1つを選択する。

【0050】ステップS11において、置換回路11は、ステップS10で選択したミスマッチング領域に対応する距離画像D2の領域の画素値と、ステップS10

で選択したミスマッチング領域の周囲に対する距離画像D1の画素値の連続性を所定のアルゴリズム(例えば、画素値の差の絶対値を所定の閾値と比較する)に基づいて判定し、連続していると判定した場合、ステップS12に進む。

【0051】ステップS12において、置換回路11は、ステップS10で選択したミスマッチング領域に対応する距離画像D1の領域の画素値を、距離画像D2の対応する領域の画素値を用いて置換する。

【0052】ステップS13において、置換回路11は、ステップS10で、距離画像D1の中に存在する全てのミスマッチング領域を選択したか否かを判定し、全てのミスマッチング領域を選択したと判定するまで、ステップS10に戻り、それ以降の処理を繰り返す。

【0053】その後、ステップS13において、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分に存在する全てのミスマッチング領域を選択したと判定した場合、ステップS14に進む。

【0054】ステップS14において、ミスマッチング領域検出回路10は、距離画像D1上のミスマッチ領域であって、置換回路11によって距離画像D2の画素値を用いて置換されていない領域に対応する、距離画像D2上の領域でステップS6と同様にラベリング処理を実行する。このラベリング処理により、照射光が反射しなかったことに起因してミスマッチ領域となった距離画像D1上の領域に対応する距離画像D2上の領域が抽出される。いまの場合、距離画像D2上の被写体の頭髮部分が抽出される。ステップS15において、置換回路11は、ステップS14で抽出した距離画像D2の領域の画素値を用いて、距離画像D1の対応する領域の画素値を置換する。

【0055】ステップS16において、置換回路11は、距離画像D2の画素値を用いて部分的に置換した距離画像D1を出力回路12に供給する。出力回路12は、置換回路11からの距離画像D1を出力する。

【0056】なお、ステップS11において、ステップS10で選択したミスマッチング領域に対応する距離画像D2の領域の画素値と、ステップS10で選択したミスマッチング領域の周囲に対する距離画像D1の画素値が連続していないと判定された場合、そのミスマッチング領域は、被写体1上に実在する極端な凹凸部分であるか、または、オクリュージョン領域であると考えられるので、ステップS12はスキップされる。

【0057】また、ステップS7において、距離画像D1の中の被写体1に対応する部分にミスマッチング領域が存在しないと判定された場合、ステップS8乃至S13の処理はスキップされる。

【0058】このような距離画像生成処理により、例えば図11(A)に示すように、距離画像D1の被写体1に対応する部分上にミスマッチング領域があった場合、そ

の部分距離画像D2の画素値を用いて置換されるので、結果的に、図11(B)に示すようなミスマッチング領域のない距離画像を得ることが可能となる。

【0059】なお、距離画像D1のミスマッチング領域が、被写体1上に実在する極端な凹凸部分ではなく、且つ、オクリュージョン領域でもないことが明らかである場合において、ミスマッチング領域に対応する距離画像D2の画素値が置換に用いる値として適切ではないときには、異なる投光パターンを被写体に照射して部分的な距離画像D3を生成し、その画素値を用いて距離画像D1の画素値を置換するようにしてもよい。

【0060】以上のように、本発明を適用した距離画像生成システムによれば、非周期的な投光パターンを被写体に照射して撮影することで、対応点付けにおけるミスを減少させ、さらに、照射光の正反射や、反対に、照射光が反射しないことによって生じるミスマッチング領域を、環境光の下で撮影した画像を用いて生成した距離画像の画素値で置換するようにしたので、白い壁や人の顔等のように、特徴が少ない立体的な被写体の表面形状を示す距離画像を生成することが可能となる。

【0061】ところで、上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、記録媒体からインストールされる。

【0062】この記録媒体は、図2に示すように、コンピュータとは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク15(フロッピディスクを含む)、光ディスク16(CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory)、DVD(Digital Versatile Disc)を含む)、光磁気ディスク17(MD(Mini Disc)を含む)、もしくは半導体メモリ18などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、コンピュータに予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROMや記憶部に含まれるハードディスクなどで構成される。

【0063】なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に従って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【0064】また、本明細書において、システムとは、複数の装置により構成される装置全体を表すものである。

【0065】

【発明の効果】以上のように、本発明の3次元形状計測

装置、3次元形状計測方法、および記録媒体のプログラムによれば、基準画像上の画素と、参照画像上の画素との対応を識別して対応する画素間の視差を算出し、視差に基づいて2種類の距離画像を生成する。また、必要に応じて、2種類の距離画像を合成するようにしたので、ミスマッチ領域が無い距離画像を生成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】エピポーララインを説明するための図である。

【図2】本発明を適用した距離画像生成システムの構成例を示すブロック図である。

【図3】投光パターンの一例を示す図である。

【図4】投光器3の構成例を示すブロック図である。

【図5】距離画像生成処理を説明するフローチャートである。

【図6】投光パターンの照射タイミング、および撮影タ

イミングを説明するための図である。

【図7】投光パターンの照射タイミング、および撮影タイミングを説明するための図である。

【図8】基準画像と参照画像の一例を示す図である。

【図9】基準画像と参照画像の一例を示す図である。

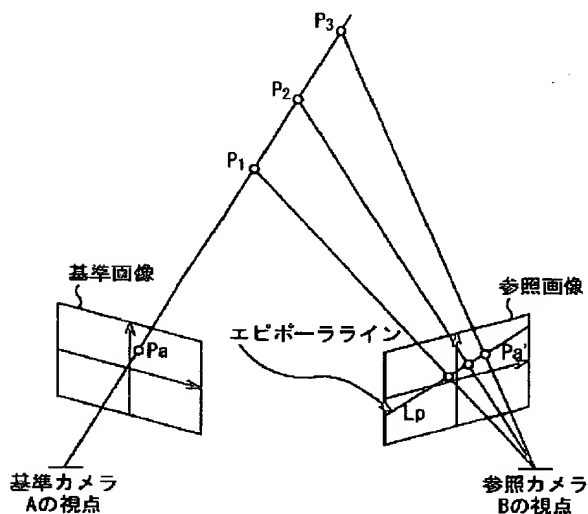
【図10】図5のステップS5のラベリング処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図11】補正された距離画像の例を示す図である。

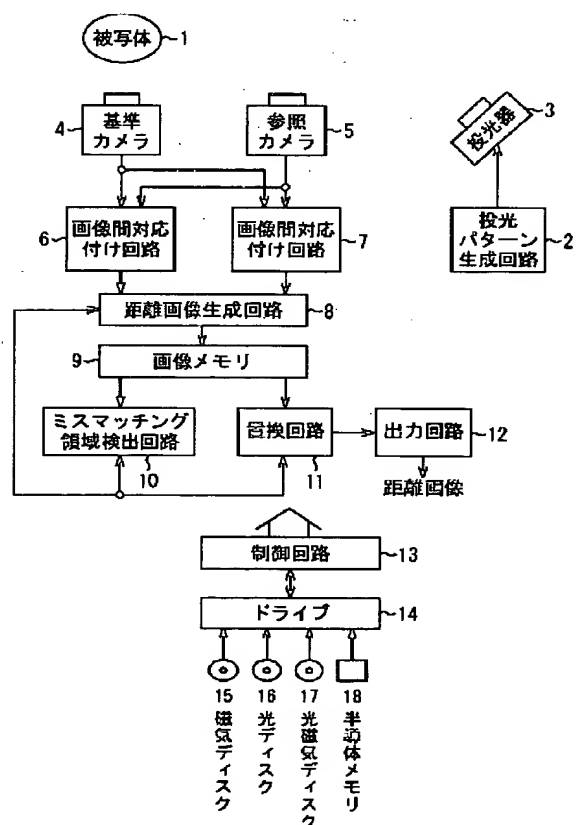
【符号の説明】

1 被写体、2 投光パターン生成回路、3 投光器、4 基準カメラ、5 参照カメラ、6、7 画像間対応付け回路、8 距離画像生成回路、9 画像メモリ、10 ミスマッチ領域検出回路、11 置換回路、12 出力回路、13 制御回路、14 ドライブ、15 磁気ディスク、16 光ディスク、17 光磁気ディスク、18 半導体メモリ

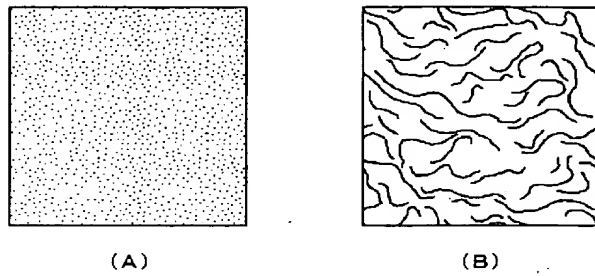
【図1】



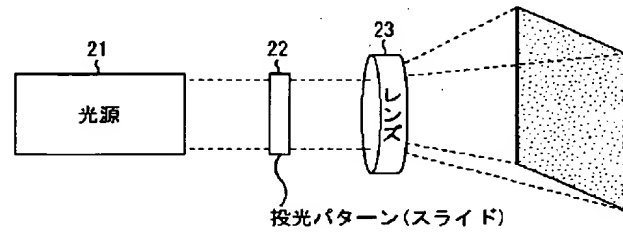
【図2】



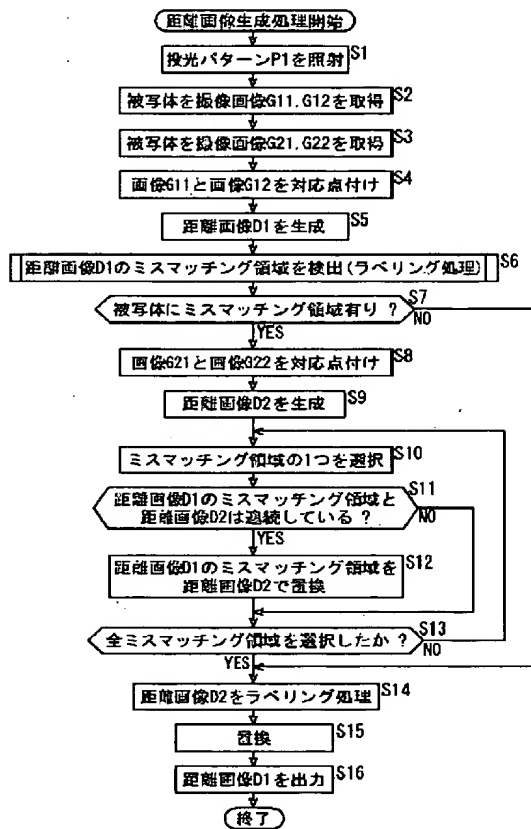
【図3】



【図4】

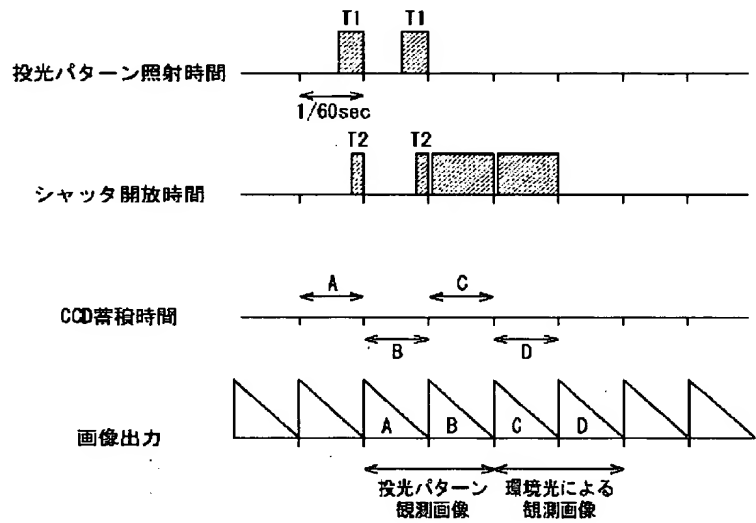


【図5】

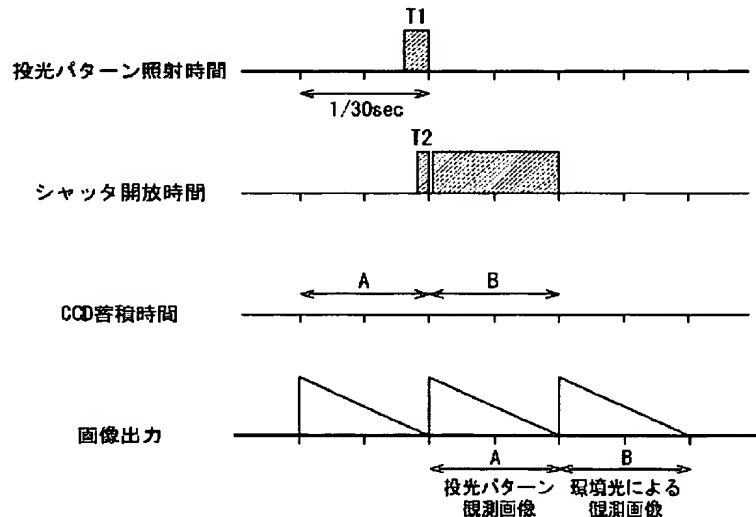


投影器 3

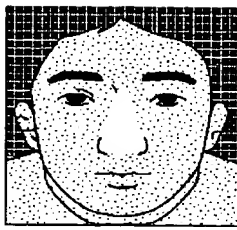
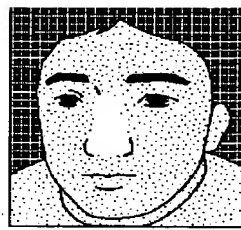
【図6】



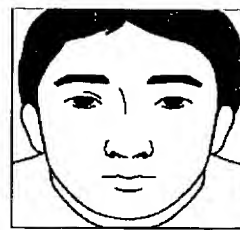
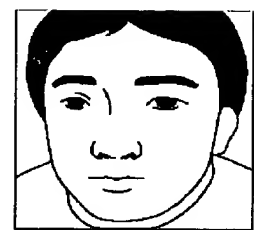
【図7】



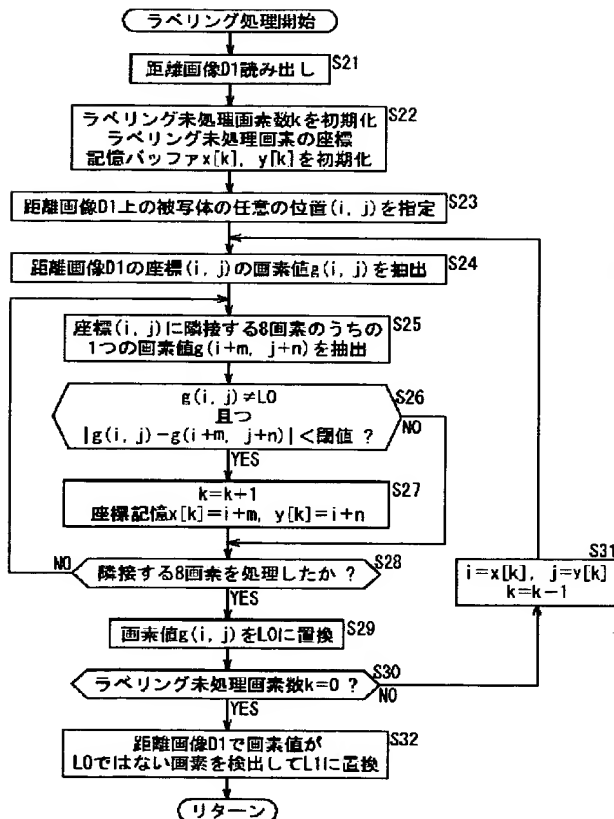
【図8】

G11
(A)G12
(B)

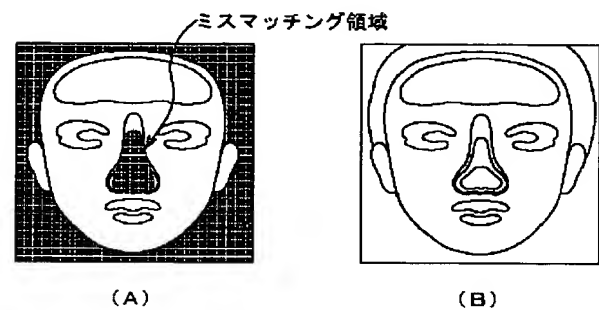
【図9】

G21
(A)G22
(B)

【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 芦ヶ原 隆之
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 林 和慶
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 横山 敦
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA07 AA53 BB05 DD00 FF05
HH07 HH12 JJ03 JJ05 JJ26
KK01 LL24 NN03 PP23 QQ24
QQ36 RR09 SS13 UU01 UU05
5B057 BA02 BA11 BA19 BA21 CE08
DA07 DB03 DC03 DC09 DC32



THIS PAGE BLANK (USPTO)